



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# SMT-NOSTURIN NOSTOVAUNUN LAATUTARKASTUSOHJEISTUS

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikan  
koulutusohjelma  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Janne Siren



Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SIREN, JANNE:

SMT-nosturin nostovaunun laatutarkastusohjeistus

Mekatroniikan opinnäytetyö,

36 sivua, 4 liitesivua

Kevät 2013

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Smarton- nosturin nostovaunun laatutarkastusohjeistus Konecranes Finland Oy:lle. Työhön sisältyi mekaaniset pääkomponentit. Kyseessä oli uusi nosturi, joka oli siirtymässä tuotantoon. Ohjeistuksen tavoitteena oli varmistaa komponenttien laatutaso ja nostovaunun sujuva kokoonpano.

Aloitin työni ottamalla selvää ongelmista kokoonpanossa. Asentajien kanssa käytyäni läpi ongelmatilanteet alkoi varsinainen ohjeistuksen tekeminen. Työssä on pyritty aiheen tehokkaaseen lähestymistapaan pitkän koneistuskokemukseni avulla. Työssä esitellään erilaisten mittavälineiden oikeanlaista käyttöä ja mitä mitaamisessa tulee huomioida.

Lopputyön aikana huomasin kuinka laatu vaihtelee eri alihankkijoilla. Lisäksi samalta alihankkijalta voi tulla epätasalaatuista riippuen työntekijästä. Vaihtelevuutta tuo huolimaton asenne ja ohjeistusten puute alihankkijoilla.

Ohjeistuksen avulla pystyttiin varmistamaan laatutaso jatkossa eri valmistusyksiköissä globaalisti.

Asiasanat: nosturi, nostovaunu, laatutarkastus, ohjeistus

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of technology

SIREN, JANNE:

Quality-control instructions for the trolley of the Smarton crane

Bachelor's Thesis in Mechatronics

36 pages, 4 pages of appendices

Spring 2013

## ABSTRACT

---

The aim of this thesis was to create quality-control instructions for the Smarton crane trolley of Konecranes Finland Oy. The work included the main mechanical components. This was a new crane that was moving into production. The aim of the instructions was to ensure the quality of the components and the smooth assembly of the trolley.

The first step was to find out what kind of problems there have been in the assembly of the trolley. Based on discussions with fitters, it was planned what the instructions must include. The correct approaching helped to solve exactly how these instructions can improve the speed of production. The long-term machining experience of the writer was also very helpful.

During the work it became clear that the quality varies between subcontractors. Even the same subcontractor may produce uneven quality, depending on the employee. Some employees have an irresponsible attitude about quality and many subcontractors do not have any quality-control instructions for the employees. The components of the trolley require accurate measuring.

The instructions made it possible to ensure the level of quality in the future in different manufacturing units globally.

Keywords: crane, trolley, quality-control, instructions

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KONECRANES FINLAND OY	2
3	TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS	3
3.1	Tavoitteet	3
3.2	Rajaus	4
4	LAADUNOHJAUS JA -VALVONTA	5
4.1	Mitä laatu on?	5
4.2	Laadunohjaus	5
4.3	Laadunvalvonta	7
4.4	Laatukustannukset	8
5	MITTAUSTEKNIikka	10
5.1	Mittausten suunnittelu	10
5.2	Mittaaminen	10
5.3	Mittalaitteet	11
5.3.1	Mittaustaso	11
5.3.2	Mikrometrit	11
5.3.3	Työntömitta	13
5.3.4	Kulmamitta	14
5.3.5	Maalikalvonpaksuusmittari	14
5.3.6	Muut menetelmät	15
6	MITTAUSTULOKSET JA KALIBROINTI	16
6.1	Yleistä metrologiasta	16
6.2	Mittaustulosten luotettavuus	16
6.3	Kalibrointi	18
6.4	Kalibrointilaboratoriot	19
6.4.1	Kansallinen metrologian laitos	19
6.4.2	Suomen kansallinen kalibrointipalvelu	19
6.4.3	Kansallinen mittanormaalilaboratorio	19
6.4.4	Referenssilaboratoriot	20
6.4.5	Akkreditoidut laboratoriot	20
7	TYÖN TOTEUTUS JA TULOKSET	21
7.1	Smarton-nosturi	21

7.2	Työn aloitus	22
7.3	Nostovaunu	23
7.4	Tela	23
7.5	Telan napa	25
7.6	Telapukki	26
7.7	Telan vapaan pään akseli	28
7.8	Köysipyörä	30
7.9	Muut tarkastettavat komponentit	31
7.10	Pintakäsittely	31
7.11	Tulokset	32
8	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	37

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia laatutarkastusohjeet, jotka sisältävät mittausohjeet ja menetelmät joita käytetään. Smarton on uusi nosturimalli, jonka siirtovaunun laatutaso haluttiin varmistaa ohjeistuksella. Koska Konecranesilla on tehtaita eri puolilla maailmaa ja alihankkijoita on joka tehtaalla useita, tarvittiin ohjeistus, josta voidaan katsoa yhdenmukainen ja yksiselitteinen menetelmä tarkastamiseen. Näin tulee huomioitua, että komponentit mitataan oikealla tavalla ja oikealla mittavälineellä. Työhönopastaminen myös helpottuu, kun valmiista komponentista on kuvia mittavälineineen.

Itselläni on pitkä metalliteollisuuden työkokemus ja tiedän mittaamisen ongelmatilanteet, joten pystyin hahmottamaan vaikeudet, joita voidaan kohdata kun mitataan tarkkoja pituuksia ja halkaisijoita. Kävin tutustumassa myös komponenttien valmistukseen ja kokoonpanoon, joissa näin parannuksia ohjeisiin vaativia kohteita ja kuulin asentajien kommentteja hankalista mitoista, joihin kiinnittää huomiota. Koska osa komponenteista on satojen kilojen painoisia ja useita metrejä pitkiä, niin myös mittavälineet painavat paljon. Tällöin ei huomaa itse helposti, jos mitta on hieman vinossa tai yrittää nähdä hankalasta asennosta mittalukeman. Kun itse tutustuin kyseisiin mittavälineisiin mittaustilanteessa, pystyin tekemään myös ohjeet, jotka sisältävät mahdolliset virheet eliminoivan mittaustapahtuman.

Mittausohjeistus on todettu yhdeksi hyväksi keinoksi pitää yhtenevä laatu komponenteissa eri valmistusyksiköissä globaalisti. Koska työpiirustukset sisältävät toisinaan erittäin paljon mittoja, niin koneistuksessa ei välttämättä huomata yksittäistä mitta, joka onkin tärkeä komponentin toimivuuden kannalta. Tällä ohjeistuksella voidaan saada parannus laatuongelmiin.

## 2 KONECRANES FINLAND OY

Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista ja sen asiakkaita ovat muun muassa koneenrakennus- ja prosessiteollisuus, telakat, satamat ja terminaalit. Liiketoiminta-alueet ovat Kunnossapito ja Laitteet. Kunnossapito tarjoaa huoltoratkaisuja ja kunnossapitoa kaikille nosturimerkeille, satamalaitteille ja työstökoneille. Laitteet tarjoaa esisuunniteltuja komponentteja ja materiaalinkäsittelyratkaisuja eri teollisuustoimialoille. Tuotteita markkinoidaan sekä Konecranesbrändillä että itsenäisillä tuotemerkeillä. Tuotteita myydään suoraan loppukäyttäjille Konecranesbrändillä kun taas itsenäisillä tuotemerkeillä valmistettavat tuotteet markkinoidaan jakelijoille. (Konecranes 2013.)

Konecranes Oyj:n historia ulottuu vuoteen 1910, jolloin perustettiin sähkömoottoreiden korjaamiseen erikoistunut KONE Oy. Konecranesin kasvu on ollut pääasiassa orgaanista, mutta myös yritysostot ovat kasvattaneet sitä. (Konecranes 2013.)

Vuoden 2012 Konecranes-konsernin liikevaihto oli 2170 miljoonaa euroa. Yrityksellä on 12100 työntekijää ja 609 huoltopistettä 47 maassa. (Konecranes 2013.)



### 3 TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUS

#### 3.1 Tavoitteet

Opinnäytetyöni tavoitteena oli laatia laatutarkastusohjeistus, jota tullaan käyttämään eri valmistusyksiköissä kautta maailman. Se sisältää Konecranesin omat yksiköt, sekä alihankkijat. Ohjeistus on internet-pohjainen, jolloin se on saatavilla missä tahansa valmistusyksikössä, jolla on käyttöoikeudet ohjeet sisältävään tietokoneohjelmaan. Ohjeistukseen sisältyy Smarton-nosturin nostovaunun mekaaniset pääkomponentit.

Smarton on aivan uusi nosturityyppi, joka on siirtymässä tuotantoon. Kaikille erityyppisille nostureille tehdään ohjeistus, että voidaan varmistaa komponenttien laatutaso ja siirtovaunun sujuva kokoonpano. Eri valmistusyksiköiden ja alihankkijoiden suuri määrä on tuottanut paljon hankaluuksia laatutasoon. Ohjeistuksessa käytettävien menetelmien visuaalinen näkeminen vähentää vääriä mittausmenetelmiä ja auttaa varsinkin kokemattomia työntekijöitä saavuttamaan riittävän laatutason.

Tämän opinnäytetyön on samalla tarkoitus vähentää laatupoikkeamia ja komponenttien hankalaa palauttamista maantieteellisesti kaukana sijaitseville tehtaille.

### 3.2 Raja

Tämä opinnäytetyö rajattiin sisältämään mekaaniset pääkomponentit, joilla on suurin merkitys siirtovaunun toiminnan ja asennuksen onnistumisen kannalta. Työ käsittelee mittaustekniikkaa, laatua ja sitä pyritään mahdollistamaan, että asiakas saa kunnollisia tuotteita.

Laatutarkastusohjeistukseen sisällytettiin seuraavat komponentit:

- kannatinpalkki
- telapukki
- köysipyörät
- tela
- telan napa
- telan vapaan pään akseli

Dokumenttien viimeistelyn ja virallistamisen hoitaa dokumentointi-osasto.

## 4 LAADUNOHJAUS JA -VALVONTA

### 4.1 Mitä laatu on?

Sana laatu tulee latinan kielen sanasta *qualitas* ja sen voi vapaasti kääntää ”kuinka jokin on”, siis millaisia ominaisuuksia jollakin asialla on. Tuotteen laatu olisi siten sen ominaisuuksien summa. Määritelmä ei kuitenkaan sano mitään näiden ominaisuuksien vaatimuksista. Vasta sitten kun ominaisuusvaatimukset yksittäisissä tapauksissa määritellään, voidaan muotoilla käyttökelpoinen määritelmä. (Suomen metalliteollisuuden kustannusliitto 1989, 9.)

Tuotteella tai palveluksella, joka täyttää asetetut vaatimukset, voidaan sanoa olevan oikea laatu. Ellei tarpeita ja odotuksia täytetä, tuote on väärälaatuinen. Laadun määritelmäksi voidaan sanoa, että se on sellainen tuotteen tai palveluksen ominaisuus, joilla täytetään olemassa olevat tarpeet.

### 4.2 Laadunohjaus

Laadunohjaus on kaikkien niiden toimintojen ja rutiinien järjestetty yhteistoiminta ja ohjaus, jotka ovat tarpeellisia vaaditun laadun saavuttamiseksi mahdollisimman alhaisin kustannuksin. Toimintojen on oltava järjestelmällisiä, jotta kaikki voivat työskennellä saman päämäärän saavuttamiseksi. (Konepajan mittaustekniikka 1989, 10.)

Eräs tunnetuimmista laatuasiantuntijoista ja –auktoreiteista on Joseph Juran (1904 -2008). Hän otti johtamisnäkökohdat esille jo 1940-luvulla. Hänen mukaansa länsimaisissa yrityksissä yksi keskeinen ongelma on se, että eri työntekijäryhmät puhuvat eri kieltä. Huippujohto puhuu rahasta, työntekijät puhuvat asioista ja keskijohdon täytyy osata näitä molempia, jotta pystyisi kommunikoimaan molempiin suuntiin. (Andersson & Tikka 1997, 24.)

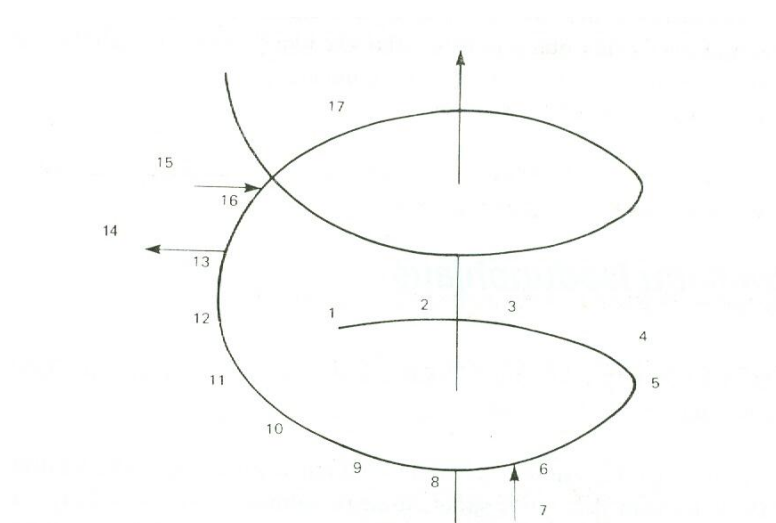
Juranin oppien keskeinen sisältö painottuu kolmeen merkittävään laatuprosessiin, niin kutsuttuun laatutrilogiaan.

- laadun suunnittelu. Valmistaudutaan täyttämään laatutavoitteet.
- laadun ohjaus. Laatutavoitteet pyritään saavuttamaan prosessin aikana.

- laadun parantaminen, pyritään ennen saavuttamattomille toiminnan tasoille.

(Andersson & Tikka 1997, 24.)

Juran teki mallin, joka ottaa huomioon sen informaation ja ne kokemukset, jotka on kerätty aikaisemman valmistuksen ja käytön aikana. Siinä jokainen spiraalin kierros alkaa markkinoiden sekä valmistukseen että myyntiin vaikuttavien tekijöiden tutkimuksella. (KUVIO 1.)



KUVIO 1. Juranin laadunohjausmalli.

- 1) Markkinatutkimus
- 2) Tuotekehitys
- 3) Tuotesuunnittelu
- 4) Tuotevaatimukset
- 5) Tuotannon suunnittelu
- 6) Osto
- 7) Hankkijat
- 8) Koneet, työkalut, välineet
- 9) Valmistus
- 10) Prosessin valvonta

- 11) Tarkastus, valvonta
- 12) Koetus
- 13) Myynti
- 14) Jälleenmyyjä, käyttäjä
- 15) Kunnossapito
- 16) Huolto
- 17) Markkinatutkimus, spiraali alkaa uuden kierroksen.

(Konepajan mittaustekniikka 1989, 15.)

Koska laadunohjaus koskee niin monia erilaisia toimintoja, se voi joskus näyttää mutkikkaammalta kuin se todellisuudessa on. Laadunohjaus on prosessi, jolla mitataan todellinen laatutulos, verrataan sitä määriteltäviin vaatimuksiin ja puututaan poikkeuksiin. Tämä kaikki ei tapahdu vain valmistavilla osastoilla, vaan yrityksen kaikissa toiminnoissa. (Konepajan mittaustekniikka 1989, 16.)

#### 4.3 Laadunvalvonta

Laadunvalvonta kuuluu siihen toiminnan osaan, jonka muodostavat tuotteen valmistus, koetus ja toimittaminen asiakkaalle. Laadunvalvonnan päätehtävä on varmistaa, että annetut vaatimukset ja spesifikaatiot täytetään. Tämä tapahtuu mittamalla ja koettamalla, analysoimalla mittaus- ja koetuloksia, sekä raportoimalla tulokset asianosaisille. (Konepajan mittaustekniikka 1989, 23.)

Tuotannossa on runsaasti erilaisia hajonnan lähteitä. Hajonnan syyt voidaan luokitella kolmeen ryhmään.

- **Ulkoiset syyt.** Virhelähteet tai tekijät, jotka vaikuttavat ympäristössä, jossa tuote tehdään ja joiden vaihtelu siirtyy lopputuotteeseen, ovat ulkoista vaihtelua. Esimerkkejä ulkoisista hajonnan syistä ovat lämpötila, kosteus ja värähtely.
- **Sisäiset syyt.** Tuotantojärjestelmän sisäisistä muutoksista aiheutuvia tuotteen ominaisuuksissa kutsutaan sisäiseksi vaihteluksi. Esimerkkeinä ovat työstökoneiden kuluminen, prosessin sisäiset lämpölähteet ja esiasetuksen epätarkkuudet sekä robotin toistotarkkuus.

- **Kohina.** Kun tuote valmistuu tuotantoprosessissa, eivätkä hajonnan syyt ole ulkoisia tai sisäisiä, loppuvaihtelua kutsutaan variaatiokohinaksi.

Suunnitteluvaiheessa tuotteen piirteet määritetään ja niille annetaan tavoitearvot. Tuotantoprosessissa eri lähteistä aiheutuu hajontaa suunnitelluille piirteille. Jos tuotantoprosessi on kunnossa, vaihtelu johtuu pääsääntöisesti variaatiosta. Tämä hajonta täytyisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa eli piirteiden tuotettavuuden pitää olla suunnittelijoiden hallinnassa (Andersson & Tikka 1997, 81.).

Laadunvalvonnan valmistelu voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin.

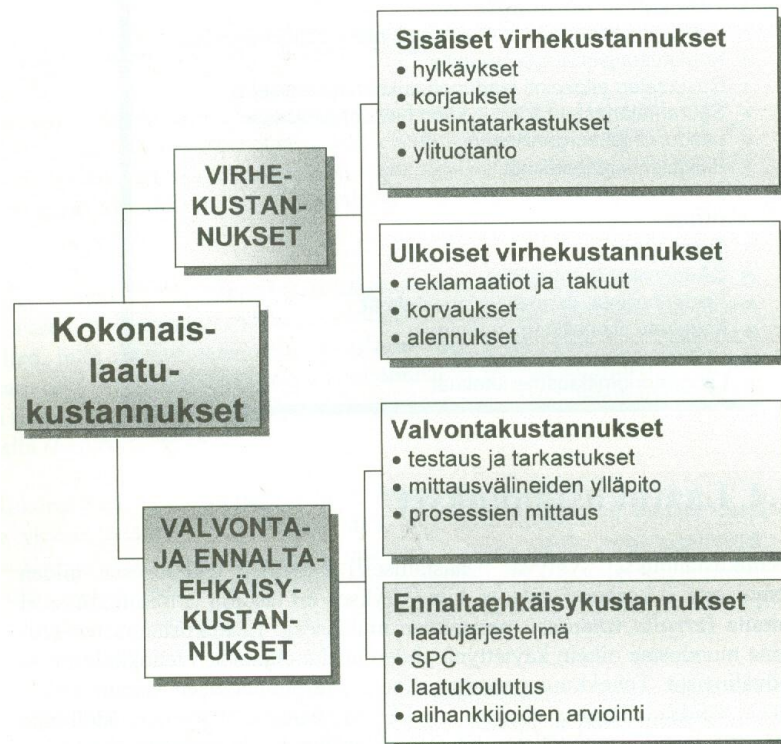
- konstruktion tarkastelu
- eri laatuvaatimusten analyysi ja määrittäminen
- tarkastusten optimointi ja suunnittelu
- mittausvälineiden suunnittelu
- tarkastusohjeet.

Ennen eri ominaisuuksien laatuvaatimusten määrittämistä on suoritettava huolellinen analyysi, ettei asetettaisi korkeampia tai alhaisempia vaatimuksia kuin todellisuudessa on tarpeen (Konepajan mittaustekniikka 1989, 37.).

#### 4.4 Laatukustannukset

Laatukustannukset syntyvät pääasiallisesti virheiden tekemisestä, niiden etsimisestä ja korjaamisesta. Laatukustannuksien seuranta muodostaa oikein käytettynä yhden laadunohjauksen tehokkaimmista työvälineistä. Puutteellisen laadun vaikutukset voidaan ilmaista suoraan rahana. Edellytys hyödyllä on, että laatukustannustietoa käytetään hyväksi laadunparannusprojektien suunnittelu- ja seurantavaiheissa. (Andersson & Tikka 1997, 31.)

Nykyisin yleisesti käytössä olevan laatukustannusten jaon neljään ryhmään esitti Armand Feigenbaum. Kuviossa 2 esitetään tämä jako. Ennalta ehkäisevät kustannukset muodostavat yleensä pienimmän ja vaikeimmin mitattavissa olevan osan laatukustannuksista. Niiden avulla voidaan kuitenkin vaikuttaa huomattavasti kokonaiskustannuksiin. (Andersson & Tikka 1997, 32.)



KUVIO 2. Laatukustannusten erittely

(Andersson & Tikka 1997, 32.)

Ennalta ehkäisevillä toimenpiteillä kyetään vähentämään sisäisiä ja ulkoisia virhekustannuksia luomalla edellytykset mahdollisimman virheettömälle toiminnalle, jolloin pystytään tekemään oikeaa laatua heti ensimmäisellä kerralla.

Laatukustannuksia koskevien tutkimuksien mukaan yritykset, jotka panostavat ennaltaehkäisevään toimintaan, säästävät virhekustannuksissa ja laaduttomuuden aiheuttamissa kokonaiskustannuksissa. Tapauksissa, joissa kustannuksia yritetään alentaa vähentämällä ennaltaehkäisevää toimintaa ja toiminnan suunnittelua, huonon laadun kustannukset tavallisesti kasvavat. (Andersson, Hiltunen & Tikka 11/2004.)

## 5 MITTAUSTEKNIikka

### 5.1 Mittausten suunnittelu

Seuraavat mittausohjeet täytyy ottaa huomioon mittausten suunnittelussa, suorituksessa ja mittauslaitteiden huollossa:

- Mittauslaitteella saavutettavan tarkkuuden on oltava parempi kuin viidesosa sallitusta toleranssialueesta.
- Mittausvälinettä on myös osattava käyttää oikein, joten sen ohjeet on hyvä pitää välineen kanssa samassa paikassa.
- Mittalaitteesta täytyy tarkastaa, että siitä löytyy merkintä kalibroinnin suorittamisesta ja sen voimassa olosta yrityksen ohjeiden mukaisesti.
- Mittausvälineillä täytyy olla oma paikkansa, ettei niitä sekoiteta työkalujen joukkoon. Tämä on muistettava erityisesti mitattaessa työstökoneella.
- Mittauspintojen on oltava purseettomia ja puhdistettuja ennen mittausa.

(Konepajan mittaustekniikka 1989, 62.)

### 5.2 Mittaaminen

Mittauslaitetta käytetään vain sille suunniteltuun tarkoitukseen, että välttyttäisiin onnettomuusriskiltä ja mittauslaitteen vahingoittumiselta. Leikkuunesteet ja pöly täytyy pyyhkiä pois, mikäli sitä on tarttunut mittauslaitteeseen. Lämpötilan vaikutus ja mittausvoima täytyy huomioida, että vältetään virhetuloksilta. Mittaus on hyvä suorittaa useita kertoja, että voidaan todeta tuloksen pysyvän muuttumattomana. (Konepajan mittaustekniikka 1989, 63.)

Laatutarkastusohjeet nostovaunulle sisältävät tiettyjen mittalaitteiden käyttämistä, joiden käyttöä käsitellään seuraavaksi. Mittalaitteiden tuntemus ei aina ole kaikille selvää ja varsinkin huolellisuus mitattaessa suurikokoisia komponentteja sisältää asioita, joita on hyvä selvittää.



### 5.3 Mittalaitteet

#### 5.3.1 Mittaustaso

Mittaustaso on aineellistettu peruspinta. Se valmistetaan tavallisesti valuraudasta tai kivistä. Edullinen ratkaisu mittaustehtäviin on tason käyttäminen. Mittaustasolle asetettavat vaatimukset määräävät kuinka tarkka sen tulee olla. (Konepajan mittaustekniikka 1989, 89.)

Tarkastettaessa komponentteja, joissa on toleroituja vaatimuksia pinnan suoruu-  
delle, on mittaustaso helppo ratkaisu nähdä suoruus. Nostovaunun komponentit si-  
sältävät paljon tällaisia yhteenliitettäviä pintoja, jolloin tarkastusta nopeuttaa mit-  
taustason käyttö. Lisäksi monet komponentit ovat yhteenhitsattuja levyjä, jolloin  
hitsauksen aiheuttama kuumuus on voinut aiheuttaa levyyn muodonmuutoksen.  
Kuviossa 3 on mittaustaso.



KUVIO 3. Graniittitaso (Teräskonttori 2012)

#### 5.3.2 Mikrometrin

Mittaavana elimenä mikrometrissä on tarkkanousuinen ruuvi, jota kierrettäessä  
mittauskaran liikkeen pituus voidaan lukea asteikkoputkelta ja mittausrummun  
kehältä. Tavallisesti ruuvin nousu on 0,5 mm, jolloin putkelta saadaan karan liike

0,5 mm:n tarkkuudella. Asteikkoputken asteikkoviiva toimii mittausrummun asteikon osoittimena ja rummulta saadaan karan asema 0,01 mm:n jaotuksella.

Lukemaan voi tulla rummun kierroksen eli 0,5 mm:n suuruinen poikkeama, jos ei olla tarkkana hieman kahden tasamillimetrin puolivälin alapuolelle osuvissa mitoissa. Mittausvoima tulee laitteen toimintaperiaatteen vuoksi helposti hyvin suureksi. Ylikiristämisen estämiseksi mikrometreissä on vakiomittausvoiman aikaansaava kitkakytkin, jonka avulla voimaksi tulee tavallisesti 5-10 N. (Mittaus- ja laatuteniikat 1997, 185 & 186.)

Vastakkain suunnattujen pintojen etäisyyksien mittaamiseen käytettäviä mikrometrityyppejä ovat tikku-, sisä- ja kolmepistemikrometrit. Tikkumikrometreillä voidaan mitata suuriakin reikien halkaisijoita. Mittauslaite koostuu tarvittavan pituiseksi elementeistä, joissa yhdessä on mikrometriruuvi. Muut ovat eripituisia jatkovarsia, jolloin mittausalue on 50 - 2000 mm. Syvällä sijaitsevan mittauskohdan mittaaminen ja kohtisuoraan laittaminen ovat hankalia. (Mittaus- ja laatu-tekniikat 1997, 188.)



KUVIO 4. Mikrometrityyppejä (Teräskonttori 2013)

Kuviossa 4 on esitetty erilaisia mikrometrejä. Kolmipistemikrometri mittaa reiän halkaisijan kolmen kosketuspisteen kautta, joka helpottaa mittauksia ja tarkentaa saatua mittaustulosta verrattuna kaksipistemittaukseen.

### 5.3.3 Työntömitta

Työntömitta on yksi konepajojen tavallisimmista lyhyehköjen pituuksien mittaamiseen käytettävistä välineistä. Sillä mitataan sisä- ja ulkopuolisia pituuksia ja syvyyksiä. Työntömittoista on olemassa erikoissovelluksia erilaisiin käyttökohteisiin:

- hammaspyörän hampaan paksuuden mitta
- syvyystyöntömitta
- kiilauranmittaus
- pystymittalaite

(Mittaus- ja laatutekniikat 1997, 183 & 184.)

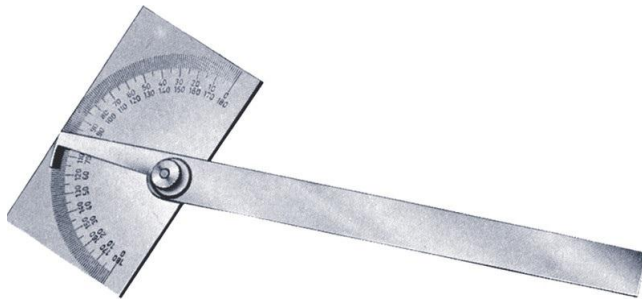
Kuviossa 5 on digitaalinen työntömitta, jota käytetään nykyään paljon sen helpolukuisuuden ja samalla lukemavirheitä vähentävyyden takia.



KUVIO 5. Työntömitta (Teräskonttori 2013)

#### 5.3.4 Kulmamitta

Hitsattujen komponenttien tarkastus sisältää myös sen, että ne ovat hitsattu oikeaan kulmaan. Yleensä ne eivät ole erittäin tarkkoja kulmia ja ne voidaan mitata yleiskulmamitalla. Nämä komponentit ovat sähköjohdotuksia varten. Tarkoitus on tarkastaa, että ne asettuvat oikealle paikalle nostovaunussa. Kuviossa 6 on yleiskulmamitta



KUVIO 6. Yleiskulmamitta (Teräskonttori 2013)

#### 5.3.5 Maalikalvonpaksuusmittari

Maalikalvonpaksuus vaikuttaa ratkaisevasti korroosionestomaalauksen kesto-ikään. Maalauksen heikoin kohta on sen ohuin kohta. Kalvonpaksuus ilmaistaan mikrometreinä ( $\mu\text{m}$ ),  $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$ . Maalauksen kokonaiskalvonpaksuusvaatimus määräytyy ympäristön raskausluokan, maalityypin ja halutun maalauksen kestojen mukaan. Kalvonpaksuusvaatimukset esitetään maalausstandardeissa ja -ohjeissa nimelliskalvonpaksuutena. (RTV 2013)

Maalikalvonpaksuus nostureiden komponenteissa vaihtelee 120-180  $\mu\text{m}$ :n välillä ja mittausa suoritetaan sähkömagneettisella kalvonpaksuusmittarilla, joka on kuviossa 7. Tarkastusta tehtäessä mittauskertoja tulee tehdä 5 kpl/m<sup>2</sup>. Mittausarvot saavat alittaa nimelliskalvonpaksuuden korkeintaan 10 %. Maalin värisävy katso-

taan maalitehtaan värisävykartasta ja se ei saa poiketa selvästi määrätystä. Nämä ohjeet sovittiin yleisesti käytettäviksi vastaanottotarkastuksessa.



KUVIO 7. Maalikalvonpaksuusmittari (Teräskonttori 2013)

#### 5.3.6 Muut menetelmät

Muita mittaamiseen käytettäviä laitteita on rullamitta, jolla tarkastetaan komponenttien äärimitat ja niihin hitsattujen osien oikea sijainti.

Silmämääräinen tarkastus on aina ensimmäinen tarkastus, joka tehdään saapuville komponenteille. Siinä tarkastellaan visuaalisesti havaittavia vikoja, joita voi olla muun muassa maalipinnassa, hitsauksissa, pakkaamisessa ja arkojen pintojen suojaamisessa. Mikäli havaitaan joitain vikoja, niin komponentit joko palautetaan lähettäjälle tai vikoja voidaan tarkastella mittalaitteilla tarkemmin.

## 6 MITTAUSTULOKSET JA KALIBROINTI

### 6.1 Yleistä metrologiasta

Metrologia on mittauksia ja niiden sovelluksia käsittelevä tieteenala. Se sisältää kaikki mittauksiin liittyvät teoreettiset ja käytännölliset näkökohdat riippumatta soveltamisalasta ja mittausepävarmuudesta. (Mikes 2013)

Jokaisessa maassa on yksi kansallinen metrologialaitos, jonka asema on määrätty lainsäädännössä. Kansallisten mittanormaalilaboratorioiden tehtävänä on huolehtia SI-mittayksikköjärjestelmän yksiköiden realisoinnista ja siirtää yksiköt kalibrointien avulla asiakkaiden mittalaitteisiin. Suomessa mittanormaalitoimintaa koordinoi Mittatekniikan keskus. (Mikes 2013)

### 6.2 Mittaustulosten luotettavuus

Mittaustulokset sisältävät aina eri tekijöistä aiheutuvia epävarmuuksia. Vain silloin, kun lasketaan kokonaisluvuilla lukumääriä, voidaan saada tarkkoja havaintoja. Epävarmuuden suuruuteen vaikuttaa sekä mittauslaitteisto, ympäristö että mittausten suorittaja.

Mittausvirheitä aiheuttavat

- väärä mittalaitteen valinta
- väärin suoritettu mitta
- väärä asteikon lukeminen
- laskuvirheet
- yksiköiden sekoittaminen
- kirjoitusvirheet tai epäselvät merkinnät havaintoja tehtäessä
- mittauslaitteiston hetkellinen toimintahäiriö
- ympäristöolojen äkillinen muutos kuten verkkojännitteen heilahtelu.

(Mikes 2013)

Mittalaitteiden mittaustulokset saattavat riippua ympäristöolosuhteista eli ympäristön lämpötilasta, ilman suhteellisesta kosteudesta ja ilmanpaineesta. Ympäristön lämpötilan vaihtelu vaikuttaa yleensä kaikkiin mittalaitteisiin, ja se on huomioitu käyttöohjeissa. Mittalaitteet ovat tarkimmillaan kun niitä käytetään mahdollisimman lähellä niitä olosuhteita, jotka kalibroinnissa vallitsivat. Mittalaitteen epävarmuuteen vaikuttavat:

- kalibroinnin epävarmuus
- aika kalibroinnista
- nollakohdan asetus
- mittalaitteen asento
- mittalaitteen säilytysolosuhteet
- se, onko mittalaitteen käyttöohjeet luettu ja ymmärretty

(Mikes 2013)

Koulutus mittalaitteiden oikeaan käyttöön on tärkeää, että mitatut ja raportoidut tulokset ovat yhtä luotettavia riippumatta mittaajasta. Kun suuria komponentteja siirretään sisälle, niiden täytyy antaa lämmitä oikeaan mittaustilanteeseen pitämällä niitä pari vuorokautta sisällä. Tämä on tärkeää varsinkin kun mitataan laakereille suunniteltuja, toleranssiltaan ahtaita reikiä ja akseleita.

Mekaanisilla tai analogisilla mittalaitteilla mitattaessa mittaava henkilö saattaa vaikuttaa mittaustulokseen. Mittarin asento saattaa poiketa eri mittaajilla ja lisäksi eri ihmiset pystyvät lukemaan analogisia viisariasteikkoja eri tarkkuuksilla. Näin ollen kaksi mittaajaa voi saada hieman toisistaan poikkeavia tuloksia mitattaessa samaa suuretta samoja laitteita käyttäen. (Mikes 2013)

Mittausepävarmuuden tunteminen edellyttää syiden selkeätä ymmärtämistä, jolloin niiden selvittämiseen tarvitaan kokemusta, testausta ja teoreettista tietoa virhelähteistä. Kun syyt tunnetaan, niin voidaan tilastomatematiikan avulla saada mittausepävarmuudet muotoon, joka on yksiselitteinen ja kaikkialla ymmärretty. (Mikes 2013)

### 6.3 Kalibrointi

Kalibroinnin yleinen määritelmä on:

*Toimenpiteet, joiden avulla spesifioituissa olosuhteissa saadaan mittauslaitteen tai mittausjärjestelmän näyttämien tai kiintomittan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla toteutettujen arvojen välinen yhteys. (Mikes 2010)*

Lisäksi kalibrointiin liittyy seuraavat määreet:

- Kalibroinnin avulla määrätään mittauslaitteen näyttämien arvojen virheet.
- Kalibrointitodistus antaa laitteen lukeman kalibrointiolosuhteissa ja kalibrointihetkellä.
- Kalibrointiin liittyy epävarmuuden arviointi.
- Kalibrointitodistuksissa mittaustulos ilmoitetaan usein muodossa: Tulos  $\pm$  epävarmuus.
- Esimerkiksi 50,0032 mm ilmoitetaan 50,0032 mm  $\pm$  0,1  $\mu$ m.

(Mikes 2013)

Kalibrointitulosta tulee aina seurata tietoa tuloksen luotettavuudesta ja epävarmuudesta. Ilman tällaista tietoa tulosta ei voida pitää jäljitettävänä eikä tulosta voida verrata edellisiin tuloksiin tai referenssiarvoihin. Kalibroinnista annetaan kalibrointitodistus ja yleensä kalibroituun mittavälineeseen kiinnitetään tarra, josta ilmenee muun muassa kalibrointipäivämäärä. (Mikes 2013)

Mittavälineet kalibroidaan, että mittaustulokset olisivat yhtäpitäviä muiden mittausten kanssa ja saadaan selville mittavälineen tarkkuustaso sekä luotettavuus. Silloin käyttäjä pystyy päättämään, onko kyseinen mittaväline aiottuun tarkoitukseen sopiva. Mittaväline täytyy kalibroida sellaisessa laboratoriossa, jossa mitta-normaalit on jäljitettävästi kalibroitu ja henkilökunta osaa laskea kalibroinnin epävarmuudet.

Kalibrointeja tehdään erilaisissa laboratorioissa ja kansallisissa metrologian laitoksissa. Suomessa Mikes toimii tällaisena laitoksena.



## 6.4 Kalibrointilaboratoriot

### 6.4.1 Kansallinen metrologian laitos

Kansallinen metrologian laitos määritellään laitokseksi, joka on kansallisen päätöksen perusteella nimitetty kehittämään ja ylläpitämään kansallisia mittanormaaleja yhden tai useamman suureen osalta. Eräillä mailla ja talousalueilla on keskitetty metrologian organisaatio, jossa on yksi kansallinen metrologian laitos.

(Mikes 2013)

Kansallinen metrologian laitos voi myös siirtää tiettyjen suureiden ylläpidon laboratorioille, jotka eivät ole kansallisia mittanormaallilaboratorioita. Kansallinen metrologian laitos edustaa maata hoitamalla suhteita muiden maiden kansallisiin mittanormaallilaboratorioihin, alueellisiin metrologia organisaatioihin ja kansainväliseen paino- ja mittatoimistoon. (Mikes 2013)

### 6.4.2 Suomen kansallinen kalibrointipalvelu

Kansallisen kalibrointipalvelun ensisijainen tehtävä on luoda edellytykset fysikaalisten mittausten jäljitettävyydelle. Jäljitettäviä mittauksia vaaditaan yleisesti sovelluksissa, joissa säädöksiin, standardein tai sopimuksiin määritellään tietyt vaatimukset mittausten varmistamiselle. Tällaiset vaatimukset käsittävät mittausten oikeellisuuden varmistamisen teollisuuden omien laatujärjestelmän standardien, laboratoriestandardien tai ISO-standardien mukaisesti. (Mikes 2013)

### 6.4.3 Kansallinen mittanormaallilaboratorio

Kansallisen mittanormaallilaboratorion tärkeä tehtävä on luoda perusta jäljitettävälle mittauksille kalibroimalla muiden kansallisten mittanormaallilaboratorioiden, akkreditoitujen laboratorioiden, sekä tarvittaessa suoraan teollisuuden mittauslaboratorioiden referenssinormaaleja. Lisäksi kansalliset mittanormaallilaboratoriot

- suorittavat kansainvälisesti tunnustettua tutkimustyötä
- ylläpitävät ja kehittävät ko. yksikön mittanormaaleja

- osallistuvat vertailumittauksiin korkeimmalla kansainvälisellä tasolla (Mikes 2013)

#### 6.4.4 Referenssilaboratoriot

Referenssilaboratorio on nimetty laboratorio, jossa kyetään suorittamaan tietyn suureen kalibrointi maan parhaimmalla tarkkuustasolla. Suomessa käytetään kyseessä olevista laboratorioista nimitystä sopimuslaboratorio sekaannusten välttämiseksi, koska ympäristöministeriö on nimennyt Suomen ympäristökeskuksen laboratorion ympäristövalvonnan referenssilaboratorioksi. (Mikes 2013)

#### 6.4.5 Akkreditoidut laboratoriot

Akkreditoidulla laboratoriolla on kolmannen osapuolen myöntämä tunnustus teknisestä pätevyydestään, laadunvarmistuksestaan ja puolueettomuudestaan. Sekä yksityinen että julkinen laboratorio voidaan akkreditoida. Akkreditointia vaaditaan esimerkiksi laboratorioilta, jotka toimivat elintarvikealalla ja laboratorioilta, jotka suorittavat vähittäismyymälöissä käytettävien punnusten kalibrointia. Akkreditointi myönnetään laboratorion arvioinnin ja säännöllisesti toistuvien määräraikaiskäyntien perusteella. (Mikes 2013)

Suomessa laboratorioiden akkreditointia voi hakea Mittatekniikan keskuksen FINAS-yksiköltä.

## 7 TYÖN TOTEUTUS JA TULOKSET

### 7.1 Smarton-nosturi

Smarton-nosturin ohjelmoitu logiikka ja huoltopaneeli keräävät nosturin käyttö-tiedot, jotka siirretään nosturiin asennetun 3G-modeemin kautta Konecranesin etä-palvelukeskukseen. Etäpalvelukeskuksen palvelimet järjestävät, analysoivat ja ko-koavat tiedot raportiksi, jota voidaan käyttää hyödyksi nosturin tulevia huoltopää-töksiä tehtäessä. Nosturin taajuusmuuttajien avulla säästetään sähköä ja pystytään siirtämään jopa 70 prosenttia jarrutusenergiasta takaisin sähköverkkoon. (Konecranes 2013)

Smarton sopii useille eri teollisuuden aloille, esimerkiksi teräksen käsittelyyn ja varastointiin, auto-ja konepajateollisuuteen, voimalaitoksiin, konepajoihin, auto-maattivarastojärjestelmiin ja kaivostoimintaan. Kokoonpanosta riippuen Smarton nosturin nostokapasiteetti vaihtelee 30 tonnista yli 500 tonniin. (Konecranes 2013)



KUVIO 8. Smarton-nosturi (Konecranes 2013)

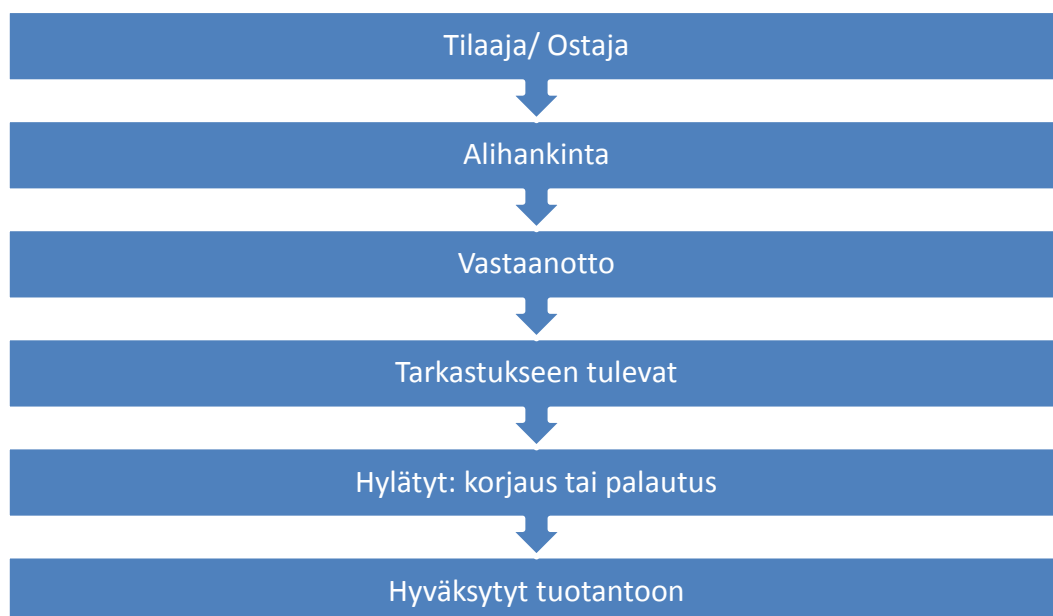
## 7.2 Työn aloitus

Kuviossa 8 näkyy koko nosturi, josta harmaa osa on siirtovaunu. Se siirtää poikittaissuunnassa lastia, ja sen mekaanisiin pääkomponentteihin tarvitaan tarkastusohjeistus. Smartonissa on täysin uudenlaisia osia, ja se koostuu useammasta komponentista kuin aikaisemmat nosturityypit. Ei ollut tiedossa, liittyykö osiin jotain huomioitavaa, jota ei ole aikaisemmin ilmennyt vanhempi mallisissa nostureissa.

Kun ohjeistusta aletaan tehdä Konecranesilla, niin tarvitaan lupa dokumentointiosastolta. He antavat oikeudet tarvittaviin tiedostoihin, joihin ohjeet tehdään. Ohjeet täytyy tehdä tarkan mallin mukaan, että kaikki Konecranes-konsernin laatu-tarkastukseen liittyvät dokumentit olisivat yhteneviä toistensa kanssa.

Tehtaalle tulevat komponentit puretaan rekoista trukeilla, jonka jälkeen ne laitetaan tuotannonohjausjärjestelmään saapuneiksi. Mikäli tilauksen tehnyt henkilö on laittanut komponentit tarkastettaviksi ennen tuotantoon tuloa, ohjausjärjestelmä laittaa ne tarkastusjonoon vastaanottotarkastajalle. Tarkastaja ottaa piirustukset Vertex-ohjelmasta ja katsoo tarkastusohjeet, mikäli niitä on tehty. Komponentit odottavat tarkastusalueella, kunnes tarkastaja hyväksyy ne ja laittaa eteenpäin tuotantoon tai hylkää ne ja ilmoittaa tilauksen ostajalle hylkäyksen syyn. Ostajan kanssa selvitetään, korjataanko komponentit Konecranesilla ja laskutetaan tekijää vai palautetaanko tekijälle korjattaviksi. Kuviossa 9 on eri vaiheet tilauksessa.

Vastaanottotarkastajalla kuuluu olla tarkastukseen vaadittavat mittauslaitteet, joista nähdään viimeksi tehty kalibrointi. Yleensä se tehdään kahden vuoden välein Konecranesin omassa laboratoriossa ja siitä on kalibrointitodistukset nähtävissä. Niitä pidetään aina kalibroitujen mittojen läheisyydessä, jos niitä tarvitaan kun ilmenee epäselvyyksiä mittauksen luotettavuudesta. Konecranesin mittauslaboratorio kalibroi mitat näyttämään mahdollisimman oikein, ettei tarvitse katsoa luotettavuutta todistuksista.



KUVIO 9. Tilauksen eri vaiheet

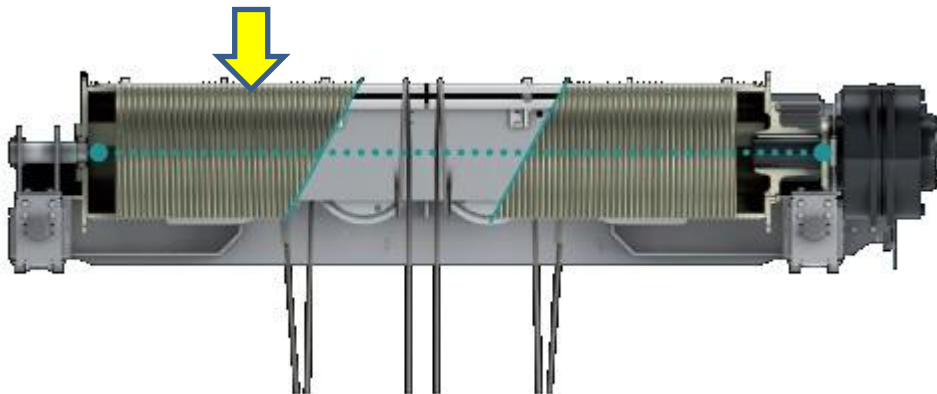
### 7.3 Nostovaunu

Nostovaunu liikkuu siltanosturin sillan päällä, ja siihen on sijoitettu nosturin tärkeimpiä pääkomponentteja. Nostokoneiston tarkoitus on nostaa ja laskea kappaletta. Nostokoneistoa pyörittää sähkömoottori, josta saatu voima muutetaan vaihteen avulla tehokkaammaksi. Vaunun nostokoneisto muodostuu seuraavista komponenteista: moottori, jarru, nostovaihde, köysitela, köysipyörät, köydet ja koukukupesä.

### 7.4 Tela

Nosturin telan valmistus aloitetaan teräslevystä, joiden paksuus on yleensä 35 - 45 millimetriä. Levy joko mankeloidaan putkeksi tai painetaan kanttauskoneella hitaasti levyn pintaa edeten, kunnes levyn päät ovat toisiansa lähellä. Sen jälkeen levyn päät hitsataan yhteen ja putki laitetaan sorviin, jossa sorvataan urat köyttä varten. Käytettäviltä koneilta vaaditaan suurta tehoa ja kokoa tela-aihion suuren massan takia, joka saattaa olla 20 -30 tonnia. Taloudellisesti ei ole kannattavaa ostaa

telaputkea, vaan se kannattaa valmistaa itse. Valmis tela ostetaan vain tuotannon kiireellisyyden vuoksi. Kuviossa 10 on tela, josta lähtee nostoköydet.



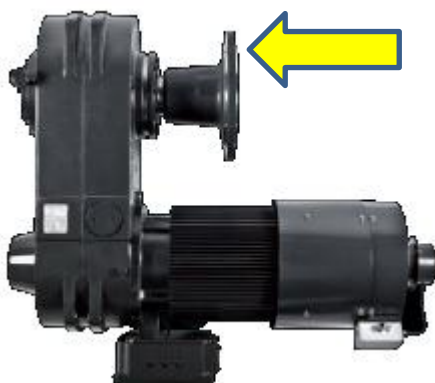
KUVIO 10. Tela

Tela, josta voidaan käyttää myös nimitystä köysitela, on nostovaihteen toisioakselille kiinnitetty, ja sen vapaa pää on tuettu päätykannattimeen. Köydenohjaimet varmistavat teräsköyden pysymisen telalle koneistetuissa köysiurissa. Ohjaimia tarvitaan pitämään nostoköysi vahingoittumattomana, ettei nostoköysi keräänny samaan kohtaan.

Laatutarkastusohjeistusta aloittaessani oli tarkoitus laittaa siihen myös köysitela. Kun tutkin telan valmistusta, havaitsin sen koostuvan useista komponenteista, joihin on jo tehty tarkastusohjeistus tai itse valmistusprosessissa on jatkuva laaduntarkkailu, kuten telan putkiosaa tehtäessä. Putkiosaan asennetaan ja hitsataan tarvittavat telan akselit, laakerit, kannet ja muut tarvittavat osat. Tässä vaiheessa voidaan koko tela vielä viimeistelysörvata, jos päätylaipat ovat hitsauksessa jääneet vinoon. Sitten tela ruostesuojataan ja tarvittavilta osilta maalataan. Tämän jälkeen valmis tela kuljetetaan lähettämöön pakkausta ja lähetystä varten tai vauuasennuslinjalle asennettavaksi nostovaunuun. Asennussolussa tarkistetaan telalle stanssatun työnumeron oikeellisuus. Valmistaa köysitelaa ei tarvitse mitenkään tarkastaa, vaan jokainen osa tarkastetaan valmistukseen tehtyjen ohjeiden mukaisesti.

### 7.5 Telan napa

Telan napa on nostokoneiston valurautainen osa, joka yhdistää nostovaihteen ja köysitelan toisiinsa. Se asennetaan tarkalle akselille ja asennuksen onnistumiseksi tehtiin tarvittava ohjeistus. Kuviossa 11 näkee telan navan kiinnittymisen nostokoneistoon.



KUVIO 11. Telan navan sijainti nostokoneistossa

Telan napa mitataan erilaisia työntömittoja ja mikrometrejä käyttäen. Ne mitattavat kohteet, joissa näkyy mittauslaite, on tärkeää käyttää vastaavan tarkkuuden omaavaa mittauslaitetta. Silloin mittaustulos on luotettavampi ja asennus menee sujuvammin. Kuviossa 12 on kaarimikrometrillä suoritettava olakkeen mittaaminen. Siinä on muistettava pitää kädet poissa mikrometrin mittauskaran lähetyviltä, jotta vältetään mittaustuloksen vääristymiseltä lämmön vaikutuksesta. Mitattaessa on käsillä mittalaitetta liikuttaen tunnistettava oikea kohta milloin mittalaite alkaa ottamaan kiinni. Tällä tavalla saadaan oikea halkaisija ja varmistutaan, ettei mittalaite ole vinossa olakkeeseen nähden.



KUVIO 12. Olakkeen mittaus mikrometrillä

Kiilaura mitataan ensin työntömitalla ja sitten tarkastetaan vielä oikean kokoisella kiilalla, jonka koot on standardoitu. Kyseiset standardit on nähtävissä eri järjestöjen sivuilla internetissä.

Kaikissa mittauksissa noudatetaan puhtautta ja komponentit puhdistetaan ennen mittausta. Mittapöytää käytettäessä se pidetään myös puhtaana ja käytetyt mitat viedään niille kuuluville paikoille.

## 7.6 Telapukki

Telapukki on telan vapaassa päässä oleva tuki. Se pitää köysitelan suorassa. Telapukki kiinnitetään kannatinpalkkiin neljällä pultilla. Hitsauksessa syntyy paljon lämpöä, joka saattaa vääntää pukin kiinnityslevyä. Tällöin telapukki ei ole suorassa ja asentajat joutuvat korjaamaan pukin asentoa hiomalla. Tästä aiheutuu ylimääräistä aikaa vievää työtä, jota ei ole laskettu työsuunnittelussa.

Kuviosta 13 näkee köysitelan akselille tarkoitetun reiän halkaisijan mittauksen. Kyseisiä reikiä on kaksi, ja ne sijaitsevat vastakkain. Telapukin toimivuuden var-



mistamiseksi reiät koneistetaan vasta, kun koko telapukki on hitsattu. Silloin sille tuleva akseli on yhdensuuntainen telapukin reikien kanssa.



KUVIO 13. Telapukin akselireikien mitta

Pohjan suoruuden voi mitata millä tahansa siihen soveltuvalla mitalla. Esimerkiksi pitkän työntömitan runko asetetaan pohjaa vasten ja katsotaan jääkö kulmiin rakoa. Toleranssi salli yhden millimetrin heiton ja suurempi heitto vääntää pukin vinoon.

Telapukista tarkastetaan myös hitsauksien ulkonäkö ja koko. Tämä silmämääräinen tarkastus tehdään katsomalla, että hitsaukset ovat hyvin tehty kaikkiin piirustuksen vaatimiin kohtiin hyvätasoisella hitsillä. Koko katsotaan siihen tarkoitettulla mitalla käyttöohjeiden mukaisesti.

## 7.7 Telan vapaan pään akseli

Vapaan pään akseliin liittyy samat tarkastusohjeet kuin muihinkin toleroituihin akseleihin. Kun piirustuksesta on katsottu akselin koko, niin voidaan aloittaa mitaus. Ensin puhdistetaan akseli leikkuuöljyistä ja paineilmalla poistetaan mahdollisesti porauksen tai kierteityksen jättämät lastut reijestä. Kuviossa 14 on paineilmalla tehtävä puhdistus. Kun lastuja ei enää tule reiästä, pystyy kädellä varmistamaan, ettei reikä ole tukossa. Päällä oleva reikä ja päädyistä tuleva reikä yhdistyvät akselin keskiosassa.



KUVIO 14. Paineilmalla tehtävä puhdistus

Näiden reikien tarkoitus on akselin voitelu, joka tehdään huollon yhteydessä. Päässä olevaan reikään laitetaan voitelunippa, josta voitelutahna pumpataan sisään. Sieltä se kulkeutuu akselin keskiosaan ja siitä yläpinnalle voitelemaan.

Teknisen ostajan Aku Tiaisen mukaan, paineilmalla tehtävän tarkastuksen avulla vähennettäisiin paljon ylimääräistä työtä. Kun öljynippa laitetaan kiinni, akseli on jo nostovaunuun asennettuna. Silloin on hankala poistaa lastuja reikien sisältä ja

voidaan joutua purkamaan melkein valmista nostovaunua. Nostovaunu kasataan monista erikokoisista komponenteista ja osassa niistä on ahtaita sovitteita, joita voi olla hankala enää irrottaa toisistansa. Kaikenlaista turhaa työtä pyritään välttämään tuotannon mahdollisimman nopean läpimenon takia.

Akselin ulkohalkaisija on mitattava koko pituudelta, että nähtäisiin mahdollinen taipuma sorvauksessa. Akselin pienempi pää on laakeria varten, joten se mitataan erityistä tarkkuutta vaatiessa. Toleranssi esimerkiksi 80 mm:n halkaisijalla olevalle akselille on vain 0,03 mm. Valaistuksen tulee olla hyvä, että vältetään asteikon väärinlukemiselta.

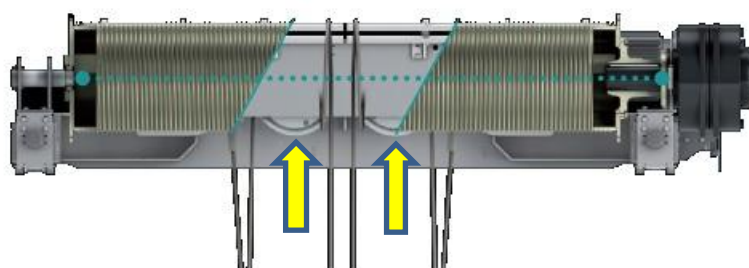
Myös pinnanlaatuun kiinnitetään huomiota, että se täyttää piirustuksessa vaaditun toleranssin. Mikäli mittaukseen ei löydy siihen tarkoitettua laitetta, voi pinnanlaadun tarkastaa visuaalisesti ja kädellä pintaa kokeillen. Minkäänlaisia epätasaisuuksia ei sallita laakereille tarkoitettuihin pintoihin. Kuviossa 15 on hyvä nähtävissä hyvän pinnanlaadun aiheuttama valoisa heijastus ja laakeripinnan mittaus.



KUVIO 15. Akselin laakeripinnan mittaus

## 7.8 Köysipyörä

Köysitelalta tuleva köysi saapuu köydenohjaimien kautta köysipyörille, jotka sijaitsevat kannatinpalkin sisällä. Sieltä köysi ja sen päässä oleva koukkupesä liikkuvat pystysuuntaisesti. Köysipyörä on laakeroitu paikalleen. Kuvioista 16 näkee köysipyörien sijainnin.



KUVIO 16. Köysipyörien sijainti

Köysipyöristä tarkastetaan halkaisija, leveys, uran syvyys ja muoto, sekä laakerireiän halkaisija. Laakerireikään käytetään mikrometriä, ja sen mitat katsotaan piirustuksesta. Uran muoto on tärkeä köyden sopivuuden kannalta, ja se katsotaan sädetulkilla laittamalla se uran pohjaan ja katsomalla valoa vasten, mikä säde sopii parhaiten siihen. Mikäli säde on väärä köysi voi vahingoittua ja lyhentää sen kestoikää huomattavasti. Kuviossa 17 on teräksinen köysipyörä.

Köysipyöristä on oltava materiaalitodistukset mukana, eikä niissä ei saa olla huokoisia reikiä. Valunumerot on oltava näkyvissä kaikissa valuteräksisissä pyörissä, jotta ne voidaan jäljittää. Ruostesuojaukset poistetaan kemikaaleilla ennen mittauksia ja suojataan jälkepäin ruostumisen estämiseksi.



KUVIO 17. Köysipyörä

Asentaja Pousin mukaan laakerireikiin ei saa tehdä liian hyvää pinnanlaatua, muuten laakeria on vaikea laittaa. Reikä vaatii karheutta, jolloin laakeri painuu sisään pienemmällä voimalla. Tästä joudutaan joskus huomauttamaan alihankkijoita. Ohjeistukseen lisättiin pinnanlaatua koskeva huomautus, ettei se saa olla liian pieni.

#### 7.9 Muut tarkastettavat komponentit

Tarkoitus oli tehdä ohjeistus kannatinpalkille. Ne tehdään alihankintana ja vaativat tietyiltä osin paremmat olosuhteet erikoisempiin mittauksiin. Jokainen alihankkija huolehtii omista tarkastusjärjestelyistään ja on vastuussa komponenttien toimivuudesta ja tarkkuudesta.

Kannatinpalkki on päätykannattimien välissä oleva komponentti. Palkki ja kannatin yhdistetään niihin kiinnitetyillä useilla tarkoilla kiinnitysrenkailla, ja ne eivät salli juuri ollenkaan heittoja. Alihankkijoiden työskentelyolosuhteiden vaihtelevuuden takia, heidän on parempi soveltaa oman maansa standardien mukainen tarkastusohjeistus.

#### 7.10 Pintakäsittely

Kaikki maalatut komponentit täytyy tarkastaa maalikalvonpaksuusmittarilla. Maalattu pinta täytyy olla vaaditun paksuinen. Alimittaista kalvoa saa olla vain kahdessa kohdassa korkeintaan 20 % alle vaaditusta. Mittauksia tehdään 2-3 jokaista

neliometriä kohden ja tarvittaessa enemmän, jos havaitaan puutteita maalauksessa. Maalikalvonpaksuus ei saa olla yli 2,5-kertainen vaaditusta, koska maalipinta voi alkaa lohkeilla. Valumia ei näkyä, sillä ne ovat herkkiä mekaaniselle rasitukselle ja voivat lohkeilla.

Maalikalvonpaksuusmittari kalibroidaan aina ennen mittausten aloitusta mitattavan komponentin maalaamattomaan kohtaan. Mikäli sellaista ei ole voidaan kalibrointi suorittaa mittarin mukana olevilla mittaliuskoilla mitattavan komponentin yhteydessä. Kalibrointia on hyvä tehdä aina välillä mittausten luotettavuuden säilyttämiseksi ja aina kun epäillään mittaustuloksia. Mittarin mukana tulevia käyttöohjeita tulee noudattaa. Komponentin mittauskohda puhdistetaan ennen mittauksia, ettei likaisuus muuta tulosta. Käyttöohjeet säilytetään mittarin yhteydessä, että kalibrointiin tarvittavat tiedot voidaan tarkistaa tarvittaessa.

### 7.11 Tulokset

Laatutarkastusohjeistuksen aloittaminen lähti komponenttien tutkimisesta, mikä niissä on tärkeintä toimivuuden kannalta. Pelkät nimikkeet eivät kerro komponentista vaadittavista tarkastuskohteista ja mitä niistä pitää tarkastaa. Aluksi oli vaikea löytää tietoa, koska Smarton oli juuri lanseerattu, ja sitä ei ollut vielä valmistettavana sarjatuotannossa. Ainoastaan tutkimus- ja kehitysosastolla oli tietoa sen komponenteista ja sieltä sain dokumentteja. Kaikkia kuvia ei ollut saatavissa Suomesta, ja niitä tuli eri puolilta maailmaa sijaitsevista toimipaikoista. Konecranes on hajauttanut varsinkin teknisen piirtämisen ja välillä joutui odottamaan vastauksia ja tietoja pitkään.

Kun opin erilaiset reitit tiedon saamiseen, helpottui ohjeistuksen tekeminen. Aloin tarkastaa alihankinnasta tulevia komponentteja, jolloin ilmeni piirustuksissa olevia virheitä. Niitä tulee uusissa tuotteissa, kunnes niitä korjailtu ja tarkasteltu riittävän kauan. Suunnittelijan kanssa selvittelimme, miten tehdään tarvittavat muutokset.

Kuvat ovat lähes aina kokoonpanokuvia ja niistä ei näy juuri yhtään mittoja, jolloin otetaan jokaisesta osasta oma kuvansa. Tässä havaitsin ongelman, kun tehdään muutoksia, niin ne tulevat vain kokoonpanokuvaan ja osakuvat ovat vielä väärin. Alihankinnassa ei aina huomata tätä ja saattaa tulla minkälaisia kom-

ponentteja tahansa. Tämä kuuluu tilaajien ja ostajien ilmoittaa suunnittelijoille, mutta se jää usein tekemättä. Neuvoteltuani suunnittelijoiden kanssa, piirustusten tarkkuus parani ja pystyimme saamaan nämä ongelmat pienemmiksi.

Aikaisemmin asentajat olivat korjanneet itse paljon alihankinnasta tulleita laatu-  
virheitä, mutta tällainen menettely kasvattaa kustannuksia tuotannossa ja hidastaa  
sitä. Ohjeistuksella laatu parani tyydyttävälle tasolle ja toimintamalli hylätyissä  
selkeytettiin. Näin saatiin saapuvien komponenttien laatutaso ilmoitettua tuotan-  
nosta vastaaville huomattavasti nopeammin.

Kun kaikille tuli selväksi laatutason merkitys, niin huonolaatuiset eivät enää pääse  
koko tuotannon läpi kenenkään puuttumatta. Näin ennen tulleet hyvinkin kalliit  
laatureklamaatiot saatiin poistettua lähes kokonaan. Alihankkijat, jotka eivät nou-  
data laatuvaatimuksia, eivät saa enää tilauksia Konecranesilta.

Vaikeinta oli ollut saada alihankkijat tekemään tasalaatuista, jolloin olisi riittänyt  
vastaanottotarkastuksessa käytetty malli 10 % saapuneista kattavasta tarkastukses-  
ta. Jotkut komponentit oli tehty huolimattomasti, jolloin osia oli hitsattu väärin-  
päin. Tämän havaitseminen on vaikeaa tarkastuksessa. Tarkastuksien määrää lisät-  
tiin kattamaan kolmasosa saapuneista ja tuotantoon pääsi enää harvoin huonolaa-  
tuisia.

Ohjeistusta tehtäessä tuli vastaan ongelma, jossa alihankkija kyseenalaisti Konec-  
ranesin kalibroinnin. Kun tarkastin heiltä tulleita akseleita, havaitsin niiden ylittä-  
vän toleranssin 0,01 mm. Akselille laitetaan laakeri, jolloin halkaisija ei saa ylittää  
ylärajamittaa. Siitä oli huomautettu alihankkijaa, että he sorvaisivat sen alarajalle  
asennuksen helpottamiseksi. Kaarimikrometri, jota käytin mittauksessa oli vuosi  
sitten kalibroitu Konecranesin mittalaboratoriossa, ja siitä on merkinä tarra mitan  
kyljessä. Kaksi vuotta on sovittu kalibroitiväliksi. Alihankkijan saapuessa mit-  
taamaan omalla mitalla, havaittiin heidän käytäntönsä olla kalibroimatta mittoja.  
Tästä huomautin heitä, että kalibroinnin tarkoitus on saada vertailukelpoiset tulok-  
set muiden mittausta tekevien kanssa. Sovimme heidän olevan tarkempia jatkossa  
ja pitävän huolta mittojen kalibroinnista.

Laatutarkastusohjeistus kattaa suurimman osan nostovaunun pääkomponenteista.  
Suurimmaksi ongelmaksi tuli tarkastus kylmänä aikana, koska jotkut komponentit

ovat suurikokoisia. Tarkastustilat täytyvät olla riittävän suuria, että komponentit voidaan siirtää sisälle ajoissa saavuttamaan riittävä lämpötila. Tätä ei aina saavuteta Konecranesin omalla tehtaalla Hyvinkäällä, mutta pääosin kaikki tarvittava pystytään tarkastamaan hyvällä tasolla.

Yhteydenotot alihankkijoiden kanssa ja heidän tietonsa tarkastusmenettelyistä tietyllä ohjeiden määrittelemällä tavalla, saivat laatutason nousemaan huomattavasti aikaisemmasta. Konecranes sai opinnäytetyön aikana tietoa laatujärjestelmänsä toimivuudesta käytännössä tuotantoa koskien. Työn alussa olleita laatuongelmia ei enää havaittu loppuvaiheessa. Ostajat ja suunnittelijat paransivat yhteistyötään piirustusten päivityksissä.

Tarkastusohjeistus on helppo esittää uusille alihankkijoille, josta he katsovat tarkastusmenetelmät ja kirjaavat tulokset mittauksista. Tällä tavalla Konecranesille saapuva laatu saadaan pidettyä paremmalla tasolla ja vältetään turhia ylimääräisiä laatuksistuksia. Näitä aiheuttaisivat huonon laadun korjaaminen ja tuotannon hidastuminen.



## 8 YHTEENVETO

Siirtovaunun laatutarkastusohjeistuksen tekemisen suunnittelu oli mielenkiintoista, koska olin ollut laatuasioiden kanssa tekemisissä useita vuosia. Siinä oli paljon haasteita aluksi, sillä tietoa uudesta nosturista ei ollut saatavilla vapaasti. Pyynnöstäni sain materiaalia riittävästi, mutta vei aikaa löytää oikeat ihmiset. Ohjeistuksen tekeminen oli täysin itsenäistä ja vaati paneutumista standardeihin ja vastaanottotarkastuksen erilaisiin vaatimuksiin. Opin paljon eri kriteereistä, joita täytyy ottaa huomioon komponenttia hyväksyessä tai hylätessä. Komponentin sijoittumisen ja toiminnan nostovaunussa on oltava tiedossa.

Suurimmat ongelmat tulevat uusista alihankkijoista, joilla ei ole vielä kokemusta mihin tarkoitukseen kyseisiä komponentteja käytetään. Tähän paneuduin ensiksi ja tein paljon raportteja alihankkijoille lähetettäväksi laatuongelmista. Työni aikana vaihtuivat melkein kaikki ostajat, joka lisäsi haastetta, kun uudet ostajat eivät tienneet alihankkijoista mitään.

Ongelmia aiheutti myös epäselvyys komponenttien nimikkeissä, jotka ovat identtisiä, mutta kuitenkin komponentit erilaisia. Lisäksi komponentteja päivitetään jatkuvasti, jolloin tilattu komponentti voi olla vanhentunut saapuessaan alihankinnasta. Samaan nostovaunuun tehdään myöhemmin uudella päivityksellä komponentti, eivätkä nämä toimi yhdessä.

En ajatellut, että opinnäytetyöni aikana selvittelen tämänkaltaisia ongelmatilanteita. Mielestäni onnistuin ratkaisemaan monia eri osastojen välisiä tiedonkulun ongelmia, joita kukaan ei ollut huomannut tehdä. Uusissa tilauksissa osataan paremmin varautua mahdollisiin laatu- ja yhteensopivuusongelmiin.

Haastattelujen perusteella tehty arviointi laatu-tietoisuudesta komponenttitehtaalla selvitti syitä asennusongelmiin. Ei ole kovinkaan selvää mitä täytyy tehdä, jos ilmenee huonoa laatua. Aikaisemmin tehty ja työtä hidastava viallisen komponentin korjaus tuotannossa vaihtui reklamaatioihin alihankkijoille. Tätä kautta saadaan korvaus laatu-kustannuksiin.

## LÄHTEET

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat 1. painos. Porvoo: WSOY.

Andersson, P., Hiltunen, K. & Villanen, H. 11/2004. Laatutoiminta suomalaisissa yrityksissä [verkkajulkaisu]. Edita Publishing Oy [viitattu 23.4.2013] Saatavissa: [www.avainlippu.fi](http://www.avainlippu.fi)

Hemming B., 2010. Mittausepävarmuus [verkkajulkaisu]. Mikes [viitattu 30.4.2013]. Saatavissa: [www.mikes.fi](http://www.mikes.fi)

Konecranes Oy. 2013. Konecranes yleisesittely. Konecranes Oy [viitattu 15.4.2013]. Saatavissa: [www.konecranes.fi](http://www.konecranes.fi)

Metrologian neuvottelukunta, 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet [verkkajulkaisu]. Mittatekniikan keskus [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa: [www.mikes.fi](http://www.mikes.fi)

Pousi, M. 2012. Asentaja. Konecranes Finland Oy. Haastattelu 12.11.2012

Suomen Metalliteollisuuden Kustannusliitto. 1989. Konepajan mittaustekniikka. 2. painos. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Teräskonttori Oy. Mittavälineet [viitattu 22.3.2013]. Saatavissa: [www.teraskonttori.fi](http://www.teraskonttori.fi)

Tiainen, A. 2011. Ostaja. Konecranes Finland Oy. Haastattelu 25.5.2011

## LIITTEET

Liitteet poistettu Konecranes Oyj:n yksinoikeuden takia.